Eindrapport potentiële bodemerosiekaart per perceel (2018)

Eindrapport

DEPARTEMENT
OMGEVING

omgevingvlaanderen.be

Eindrapport potentiële bodemerosiekaart per perceel (2018)
Deze studie bevat de methode en de resultaten van de opmaak van de potentiële bodemerosiekaart per perceel (2018).

Dit rapport bevat de mening van de auteur(s) en niet noodzakelijk die van de Vlaamse Overheid.

COLOFON

Verantwoordelijke uitgever
Peter Cabus
Departement Omgeving
Vlaams Planbureau voor Omgeving
Koning Albert II-laan 20 bus 8, 1000 Brussel
vpo.omgeving@vlaanderen.be
www.omgevingvlaanderen.be

Auteurs
Katrien Oorts, Petra Deproost, Sabine Buyle en Martien Swerts – Departement Omgeving, Vlaams Planbureau voor Omgeving

Wijze van citeren
Oorts, K., Deproost, P., Buyle, S. & Swerts, M. (2019). Eindrapport potentiële bodemerosiekaart per perceel (2018). Departement Omgeving, Brussel.

Contact
katrien.oorts@vlaanderen.be

INLEIDING

Dit document beschrijft de aanmaak van de potentiële bodemerosiekaart per perceel zoals deze gedaan is voor de potentiële bodemerosiekaart per perceel (2018).

Het Vlaams Planbureau Omgeving van het departement Omgeving publiceert sinds 2006 jaarlijks deze kaart met de potentiële bodemerosiegevoeligheid aan de hand van een procedure die door de onderzoeksgroep Fysische en Regionale Geografie van het Departement Aard- en Omgevingswetenschappen (K.U. Leuven) ontwikkeld werd. Een uitgebreide uiteenzetting over de algemene berekeningswijze van de erosiekaart is te vinden in het basisrapport uit 2006 (Notebaert et al., 2006).

Een jaarlijkse update van deze erosiekaart zorgt voor een inschatting van de meerjarige gemiddelde erosiegevoeligheid per perceel en houdt rekening met impact van gewijzigde perceelsvormen. Tot en met 2017 werd de kaart berekend door de K.U.Leuven. Sinds de kaart van 2018 berekent het Vlaams Planbureau voor Omgeving de kaart zelf volgens een geoptimaliseerde procedure. Zo werd het productieproces gestroomlijnd zodat de berekening voor heel Vlaanderen in één keer uitgevoerd kan worden in SAGA-GIS. Hierbij werden ook enkele verfijningen aan de gebruikte algoritmes doorgevoerd en werden de invoerdata (hoogtemodel, landgebruik, wegen, …) up-to-date gemaakt.

In dit rapport worden de berekeningswijze en modellen, gebruikt bij de productie van de erosiekaart 2018, kort toegelicht. Tenslotte worden de resultaten voor 2018 gepresenteerd.

De geoptimaliseerde procedure wordt in detail beschreven in het document “Berekening van de potentiële erosiekaart per perceel in SAGA GIS” (Oorts et al., 2018).

INHOUDSTAFEL

1 Theoretische achtergrond berekening watererosie 5
1.1 Inleiding 5
1.2 Regenerosiviteitsfactor R 5
1.3 Bodemerosiegevoeligheidsfactor K 6
1.4 Gewas- en bedrijfsvoeringsfactor C 7
1.5 Topografische Factor LS 8
1.5.1 Aangepaste helling in erosiekaart 2018 9
1.5.2 Aangepaste afstroming in erosiekaart 2018 10
2 Productie van de erosiekaart Vlaanderen 2018 10
1.1 Invoer 10
1.1.1 Digitaal terreinmodel 10
1.1.2 Percelenkaart 10
1.1.3 Kaart met C-factoren 12
1.1.4 Kaart met K-factoren 12
1.2 Verwerking en uitvoer 12
3 Resultaten 13
Referenties 15

1 THEORETISCHE ACHTERGROND BEREKENING WATEREROSIE

1.1 INLEIDING

Watererosie wordt berekend aan de hand van de RUSLE formule (Revised Universal Soil Loss Equation) (Renard, Foster, Weesies, McCool, & Yoder, 1997):

$A = R \times K \times LS \times C \times P$ (1)

waarbij:
- A: gemiddeld bodemverlies als gevolg van geul- en intergeulerosie (ton ha^{-1} $jaar^{-1}$)
- R: de regenerosiviteitsfactor (MJ mm ha^{-1} $jaar^{-1}$)
- K: de bodemerosiegevoeligheidsfactor (ton ha MJ^{-1} mm^{-1})
- LS: de topografische hellings- en lengtefactor (dimensieloos)
- C: de gewas- en bedrijfsvoeringsfactor (dimensieloos)
- P: de erosiebeheersingsfactor (dimensieloos)

Voor de productie van deze erosiekaart werd het gemiddelde bodemverlies als gevolg van geul- en intergeulerosie (A), in wat volgt gedefinieerd als **watererosie**, op pixelniveau berekend voor heel Vlaanderen. Deze berekening gebeurde aan de hand van een pixel bij pixel (5m x 5m) vermenigvuldiging van verschillende kaartlagen, die elk de ruimtelijke spreiding weergeven van één van de factoren die het gemiddelde bodemverlies bepalen (R, K, LS en C). De erosiebeheersingsfactor (P) werd bij deze berekening buiten beschouwing gelaten en kreeg de constante waarde 1. Voor de definitieve erosiekaart werd de uiteindelijk berekende A geaggregeerd per landbouwperceel.

De LS factor werd berekend aan de hand van een module in SAGA GIS 6.0 (Conrad et al., 2015) die een vertaling is van de LS berekening uit het WaTEM/SEDEM model (Van Oost et al., 2000; Van Rompaey et al., 2001; Verstraeten G. et al., 2002). Ook de verdere verwerking van de gridbestanden gebeurden in dit programma. De begroting van de verschillende factoren uit de RUSLE vergelijking wordt in de volgende paragrafen kort besproken.

1.2 REGENEROSIVITEITSFACTOR R

Voor de berekening van de watererosie werd als R-factor een waarde van 880 MJ.mm.ha^{-1}.$jaar^{-1}$ gebruikt. Verstraeten et al. (2006) berekenden deze gemiddelde regenerosiviteitsfactor op basis van de gemiddelde waarde van tien-minuten neerslaggegevens van Ukkel voor de periode 1898 – 2004.

Om eventuele ruimtelijke patronen van deze R-factor binnen Vlaanderen te ontdekken, werd door (Notebaert et al., 2006), de gemiddelde regenerosiviteitsfactor voor 10 Vlaamse weerstations berekend aan de hand van gegevens voor de periode 1995-2004. Uit een statistische analyse van de resultaten van deze berekening bleek dat voor geen enkel Vlaams station de R-factor significant verschilde van de gemiddelde R-factor van Ukkel. Op basis van deze analyse werd besloten voor de

aanmaak van de erosiekaart de door Verstraeten et al. (2006) berekende, gemiddelde regenerosiviteitsfactor van Ukkel te gebruiken (880 MJ.mm.ha^{-1}.jaar^{-1}).

Hierbij dient opgemerkt dat door één gemiddelde R-factor te gebruiken, ruimtelijke noch temporele variaties in neerslagerosiviteit een invloed hebben op de berekende erosiekaart. Bovendien worden geen transportprocessen van sediment in rekening gebracht. Deze erosiekaart dient bijgevolg beschouwd te worden als een visualisatie van de potentiële erosiegevoeligheid in plaats van een kaart met werkelijke bodemverliezen. Deze werkwijze zorgt ervoor dat uitsluitend de invloed van de vorm en de ligging van de percelen weerspiegeld wordt in een berekende erosiegevoeligheid die elk perceel karakteriseert.

Bij de interpretatie van de kaart moet ook rekening gehouden worden met het feit dat de laatste jaren gekenmerkt worden door een hoger dan gemiddelde neerslagerosiviteit. Hoewel neerslagerosiviteit standaard een cyclisch patroon vertoont, worden de erg hoge waarden van de laatste jaren mogelijk verklaard door meer intense neerslagbuien ten gevolge van stijgende temperaturen en meer convectieve neerslag.

Bij de vergelijking van de huidige erosiekaart met erosiekaarten van vóór 2006 dient opgemerkt te worden dat de R-factor, gebruikt voor de berekening van de oudere kaarten, beduidend lager is (670 MJ mm ha^{-1} jaar^{-1}).

1.3 BODEMEROSIEGEVOELIGHEIDSFACTOR K

De bodemerosiegevoeligheidsfactor of K-factor wordt bepaald door verschillende factoren, waarvan textuur en het gehalte aan organisch materiaal de belangrijkste zijn. Om de K-factor te berekenen zijn in de literatuur diverse formules voorhanden. Deze verschillen van elkaar in hun mate van complexiteit en de hoeveelheid vereiste invoergegevens. Na vergelijking van de bestaande formules door Notebaert et al. (2006), werd besloten de berekeningswijze van Declercq & Poesen (1991) te gebruiken voor de toepassing op de schaal van Vlaanderen en dit omwille van de beperkte, vereiste input:

(1991), toegepast op de textuurklassen van de digitale bodemkaart van Vlaanderen:

$$\mathrm{K} = 0{,}0035 + 0{,}0388.\,\mathrm{e}^{-0{,}5.\left(\frac{(\log_{10}\mathrm{D}_g)+1{,}519}{0{,}7584}\right)^2} \qquad (2)$$

waarbij
K = bodemerosiegevoeligheidsfactor (ton.ha.MJ^{-1}.mm^{-1})
D_g = geometrisch gemiddelde korrelgrootte (mm)

$$\mathrm{D}_g = \mathrm{e}^{\sum f_i.\ln[(\mathrm{d}_i+\mathrm{d}_{i-1}).0{,}5]} \qquad (3)$$

waarbij
f_i = gewichtsprocent van de textuurklasse i (fractie)
d_i en d_{i-1} = maximum en minimum diameter van textuurklasse i (mm)

Aan de hand van bovenstaande formule werd de K-factor berekend voor elke textuurklasse van de digitale bodemkaart Vlaanderen (Tabel 1). In de K-kaart van de erosiekaart 2017 werden ook nog de codes X en K gebruikt voor respectievelijk de kustduinen en de zeepolders. De zeepolders

hebben een andere bodemclassificatie zonder aanduiding van de textuurklasse. Vanaf de erosiekaart 2018 wordt op basis van de bodemkaart_2_0 het unibodemtype gebruikt voor de zeepolders, waardoor de textuurklasse van de algemene classificatie kan gebruikt worden ipv de standaardwaarde voor de bodems van de zeepolders. Waar er missing data zijn (bv. kunstmatige gronden) werden die ingevuld door interpolatie met een nearest neighbour algoritme (Oorts et al., 2019).

Tabel 1: textuurklassen van de digitale bodemkaart van Vlaanderen en de bijbehorende K-factoren, berekend volgens de formule van Declercq en Poesen (1991).

Textuurklasse	K-factor erosiekaarten 2016 en 2017	K factor erosiekaart 2018
Leem (A)	0,0420	0,0420
Zandleem (L)	0,0400	0,0400
Licht Zandleem (P)	0,0250	0,0250
Lemig Zand (S)	0,0200	0,0200
Zand (Z) (duinen X worden vooraf omgezet naar Z)	0,0120 (behalve voor duinen zeepolders in 2017)	0,0120
Klei (E)	0,0275	0,0275
Zware Klei (U)	0,0275	0,0225
Kunstmatige gronden	Interpolatie	Interpolatie
Zeepolders	0,026 (behalve voor duinen zeepolders in 2016)	Omzetting naar textuurklasse via textuurklasse van unibodemtype (waar beschikbaar) - Interpolatie voor zeepolders zonder textuurklasse van unibodemtype

Er dient opgemerkt dat deze berekening van de K-factor gebeurt aan de hand van een theoretische gemiddelde korrelgrootte per textuurklasse, zonder rekening te houden met de invloed van het gehalte aan organisch materiaal. Bovendien is de digitale bodemkaart zelf niet foutenvrij (foutieve kartering, wijziging van de textuur sinds de kartering door o.a. erosieprocessen, …). Het is daarom mogelijk dat de werkelijke K-factor van een bodem verschilt van de berekende K-factor. Voor een uitgebreide discussie wordt verwezen naar Notebaert et al. (2006).

1.4 GEWAS- EN BEDRIJFSVOERINGSFACTOR C

De C-factor is een dimensieloze schalingsfactor tussen 0 en 1, waarbij 1 betekent dat er evenveel bodemverlies is als op een braakliggend terrein zonder vegetatieve bedekking. De C-factor wordt berekend als een gewogen gemiddelde van bodemverliesfactoren voor elk gewasgroeistadium (met de neerslagerosiviteit R tijdens een gewasgroeistadium als wegingsfactor). Die C-factoren voor elk gewasgroeistadium zijn dan weer afhankelijk van gewas- en bodemkenmerken (bladerdek, bodembedekking, vroeger landgebruik, bodemruwheid en bodemvocht).

Verstraeten et al. (2001) berekenden een gemiddelde C-factor voor Vlaanderen van 0,34-0,37. Bij de productie van de erosiekaart Vlaanderen werd gekozen om één C-factor te gebruiken voor alle landbouwgronden in Vlaanderen. Om consistentie met eerder aangemaakte erosiekaarten te verzekeren, werd een C-factor van 0,37 gebruikt. Verder werden C-factoren van 0,001 en 0 gebruikt voor respectievelijk bos en bebouwde oppervlakten.

Het is duidelijk dat door het gebruik van één C-factor voor het volledige landbouwareaal geen rekening gehouden wordt met de individuele gewassen of gewasrotaties op specifieke percelen. Het is wel mogelijk om, indien gewasgegevens beschikbaar zijn, het berekende 'potentiële' erosierisico om te rekenen naar een gewas- of rotatiespecifiek erosierisico aan de hand van de C-factor

1.5 TOPOGRAFISCHE FACTOR LS

De topografische factor geeft de ruimtelijke variabiliteit van het bodemerosierisico in functie van de topografie weer. De L-factor is een maat voor de hellingopwaartse oppervlakte van het toestroomgebied naar een pixel. De S-factor is een functie van de lokale helling.

Voor de productie van de erosiekaart Vlaanderen 2017 werd de LS-factor berekend aan de hand van een aangepaste 'stand-alone LS-module' uit het WaTEM/SEDEM model, zoals gebruikt bij de berekeningen in voorgaande jaren. De module laat toe een specifiek algoritme voor de berekening van LS te selecteren.

De L-factor werd berekend met de formule van Desmet & Govers (1996), die rekening houdt met de hellingopwaartse oppervlakte van het toestroomgebied naar elke rastercel:

$$L = \frac{(\mathrm{A}+\mathrm{D}_2)^{m+1} - \mathrm{A}^{m+1}}{\mathrm{D}^{m+2}.\mathrm{x}^{m}.22{,}13^{m}} \qquad (4)$$

Waarbij

L = topografische lengtefactor (dimensieloos)
A = oppervlakte van het toestroomgebied (m²) naar een rastercel
D = gridresolutie (m)
m = lengte-exponent
x = factor die toelaat rekening te houden met de stroomrichting t.o.v. de oriëntatie van het raster

Voor de berekening van de lengte-exponent m werd gekozen voor het algoritme van McCool et al. (1989, 1987):

$$m = \frac{\beta}{\beta+1} \qquad (5)$$

$$\beta = \frac{\frac{sin\theta_{i,j}}{0{,}0896}}{3.sin^{0{,}8}\,\theta_{i,j}+0{,}56} \qquad (6)$$

waarbij:
$\theta_{i,j}$: de tangens van de hellingshoek van een rastercel met coordinaten i, j.

De S-factor wordt berekend als:

$$S_{i,j} = 10{,}8.\,sin\theta_{i,j} + 0{,}03 \text{ als bgtg } \theta_{i,j} < 0{,}09 \qquad (7)$$
$$S_{i,j} = 16{,}8.\,sin\theta_{i,j} - 0{,}5 \text{ als bgtg } \theta_{i,j} > 0{,}09 \qquad (8)$$

Het algoritme, zoals hierboven besproken, behelst een tweedimensionale benadering van de topografische factor, waardoor rekening wordt gehouden met convergentie en divergentie van afstromend water. Erosiehoeveelheden, berekend op basis van deze LS, kunnen beschouwd worden als een gecombineerde schatting van geul-, intergeul- en (minstens gedeeltelijk) ravijnerosie.

Bij de berekening van de LS-factor wordt ook rekening gehouden met de invloed van de wegeninfrastructuur en de connectiviteit tussen percelen. Een connectiviteitsfactor bepaalt in welke mate de L-factor voor een rastercel in een bepaald perceel afhankelijk is van hellingopwaarts gelegen percelen. Als dusdanig kan de connectiviteitsfactor gezien worden als het gemiddelde percentage afstroming op een perceel dat wordt getransfereerd naar een lager gelegen perceel. Bij de aanmaak van de erosiekaart 2018 werd een LS-factor berekend met een connectiviteitsfactor van 0 % en 30 %. Bij de uiteindelijke toewijzing van de erosieklasses aan de percelen van de erosiekaart 2018 werden de waarden met 30% connectiviteit gebruikt.

Tenslotte wordt ook rekening gehouden met verschillen in landgebruik tussen aangrenzende percelen. Een bijkomende factor (PTEF) bepaalt de relatieve bijdrage (%) van de hellingopwaarts gelegen rastercellen aan het toestroomgebied (A) van een bepaalde rastercel, in functie van het landgebruik in de hellingopwaarts gelegen rastercellen. Voor de erosiekaart 2018 werd verondersteld dat rastercellen met bos en weiland 75 % minder bijdragen aan de erosieve toevoer naar onderliggende rastercellen ten opzichte van een standaard rastercel met akkerland (PTEF cropland = 0; PTEF forest = 75; PTEF pasture = 75). Bij de aanmaak van de potentiële erosiekaart per perceel is alle weiland toegekend aan akkerland zodat PTEF pasture niet gebruikt wordt.

Voor een meer uitgebreide bespreking van de berekening van de LS-factor wordt verwezen naar Notebaert et al. (2006). De LS-berekening werd voor de erosiekaart van 2018 aangepast t.o.v. de vorige jaren op het vlak van de helling en van de afstroming.

1.5.1 Aangepaste helling in erosiekaart 2018

De standaard berekening van de slope gebeurde voor de erosiekaarten tot en met 2017 volgens Zevenbergen en Thorne (1987), met L de pixelgrootte. Hierbij wordt rekening gehouden met de hoogteligging (z) van de kardinale pixels in de X- en Y-richting.

z_1	$\mathbf{z_2}$	z_3
$\mathbf{z_4}$	z_5	$\mathbf{z_6}$
z_7	$\mathbf{z_8}$	z_9

$$G = \frac{z_6 - z_4}{2L} \qquad (9)$$

$$H = \frac{z_8 - z_2}{2L} \qquad (10)$$

$$\theta = \sqrt{G^2 + H^2} \qquad (11)$$

In de aangepaste versie vanaf de erosiekaart 2018, wordt dit algoritme, met $d_x = z_x - z_5$ als x en 5 in hetzelfde perceel liggen en 0 als ze in verschillende percelen liggen. nG geeft het aantal pixels (z_4 en z_6) die in hetzelfde perceel liggen in de X-richting, nH geeft het aantal pixels (z_2 en z_8) die in hetzelfde perceel liggen in de Y-richting.

$$nG > 0: G = \frac{d_6 - d_4}{n_G L}; nG = 0: G = 0 \qquad (12)$$

$$nH > 0: H = \frac{d_8 - d_2}{n_H L}; nH = 0: H = 0 \qquad (13)$$

$$\theta = \sqrt{G^2 + H^2} \qquad (14)$$

Indien alle pixels in hetzelfde perceel liggen, blijft de waarde identiek aan de berekening volgens Zevenbergen en Thorne (1987). Indien bepaalde pixels buiten het perceel liggen, wordt een waarde berekend op basis van de pixels die binnen hetzelfde perceel liggen.

Bvb:

8	**8**	8
5	5	**5**
4	**4**	4

Slope volgens oorspronkelijke methode: $\frac{\sqrt{(8-4)^2+(5-5)^2}}{2L}$ = 0,4 (met L = 5m pixel)

Volgens nieuwe methode: $\sqrt{\left(\frac{5-4}{L}\right)^2 + \left(\frac{5-5}{2L}\right)^2} = 0{,}2$

1.5.2 Aangepaste afstroming in erosiekaart 2018

Bij de berekening van de afstroming werd vroeger een pit-fill algoritme toegepast op het DTM, zodat lokale depressies op sommige locaties onterecht werden opgevuld. Dit is nu niet meer vereist. Het afstromingsalgoritme gaat nu op zoek naar lager gelegen cellen in een zoekradius tot 4 pixels (20m) van de betrokken pixel, waarlangs de afstroming verder gaat. Indien geen lagere pixels gevonden worden binnen deze radius, stopt de afstroming in de lokale depressie en heeft deze geen verdere invloed.

2 PRODUCTIE VAN DE EROSIEKAART VLAANDEREN 2018

1.1 INVOER

1.1.1 Digitaal terreinmodel

Voor de berekening van de LS-factor (zie 1.5) is een digitaal terreinmodel (DTM) vereist. In tegenstelling tot de voorbije jaren werd geen hydrologisch gecorrigeerd DTM gebruikt, omdat er nu een aangepast afstromingsalgoritme gebruikt wordt.

Het gebruikte DTM heeft een resolutie van 5 meter en is het Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen II[1]. Op deze kaart werd een 3x3 filter toegepast binnen de percelen van de percelenkaart om kleine oneffenheden binnen percelen uit te vlakken.

1.1.2 Percelenkaart

Door gebruik te maken van een veronderstelde connectiviteit (0% en 30%) tussen percelen wordt, bij de berekening van de LS-factor, rekening gehouden met de landschapsstructuur. Deze connectiviteit is functie van het landgebruik per perceel (zie 1.5). Het model dat de LS-factor

[1] https://download.agiv.be/Producten/Detail?id=938&title=Digitaal_Hoogtemodel_Vlaanderen_II_DTM_raster_5_m

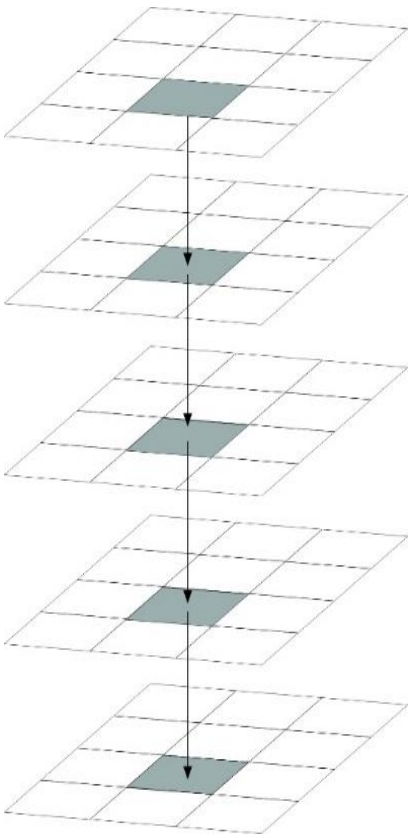
berekent, vereist daarom de invoer van een percelenkaart met een specifieke structuur, in rasterformaat. Pixels krijgen de volgende waarden:

- -2: wegen en bebouwd gebied
- -1: rivieren
- 0: buiten het studiegebied
- 1-9998: landbouwgebied. Elke waarde is een 'random' getal, toegekend aan een specifiek perceel. Pixels binnen hetzelfde perceel krijgen dus dezelfde waarde. Aangezien het aantal percelen in Vlaanderen groter is dan 9998 zijn er meerdere percelen met dezelfde waarde. Dit kan potentieel leiden tot een fout in de berekeningen indien twee percelen met dezelfde waarde langs elkaar liggen en het model de twee percelen herkent als een enkel perceel. De kans hierop is echter zeer klein.
- 10000: bos

Deze percelenkaart werd geproduceerd als een 'overlay' van verschillende basiskaarten in rasterformaat, waarbij telkens de nulwaarden van een bovenliggende kaart werden opgevuld door de waarden van de onderliggende kaart.

Figuur 1 geeft een overzicht van de gebruikte kaartlagen. Verschillende lagen komen uit het grootschalig referentiebestand (GRB). Hiervoor werd de versie van maart 2017 gebruikt. Voor de bodembedekkingskaart werd de bodembedekkingskaart BBK5_12 als basis genomen. Deze kaart werd aan de grenzen aangevuld met het landgebruik in Brussel en de Carte d'occupation du sol de Wallonie v2.07 (COSW).

Figuur 1: Schematische voorstelling opbouw percelenkaart



1: Waterwegenbestand: rasterbestand 'VHA_09052017' (5m resolutie) met waterlopen (id=-1) in Vlaanderen, gebaseerd op "Vlaamse Hydrografische Atlas – Waterlopen, toestand 09/05/2017" en watergangen (WTZ) uit het GRB.

2: Wegenbestand (id = -2): rasterbestand (5m resolutie) met wegbaan (WBN), spoorbaan(SBN), uit het GRB (versie 7 maart 2017).

3: Landbouwgebrukspercelen: percelenkaart (5m resolutie) aangeleverd door departement Lanbouw & Visserij met random perceel-identificatienummer 1-9998.

4: Bebouwing (id= -2): lagen gebouwen (GBG), gebouwaanhorigheden (GBA), wegaanhorigheden (WGA), kunstwerken (KNW) en terrein (TRN) uit het GRB (versie 7 maart 2017).

5: Bos (id= 10000): Boswijzer 2013.

(BBK5_12): waarde voor gras, struiken, akker, = 1 (geen perceelsbegrenzing); waarde voor bomen = 10000; waarde voor water = -1; waarde voor gebouwen, autowegen, overig afgedekt, spoorwegen, overig onafgedekt, gras, struiken (WBN) en bomen (WBN) = -2 aangevuld met landgebruik in Brussel en Wallonië.

1.1.3 Kaart met C-factoren

Voor de productie van de erosiekaart 2018 werd elk landbouwperceel gesimuleerd als zijnde akkerland. Aan elk landbouwperceel werd daarom een C-factor van 0,37 toegekend. Bossen kregen een C-factor van 0,001. Alle overige oppervlaktes (water, wegen, bebouwing, …) tenslotte, kregen een C-factor 0. De kaart met deze C-factoren werd geproduceerd door herclassificatie van de percelenkaart (zie 3.1.2). We mogen er van uitgaan dat de potentiële erosiewaarden in totaal hoger zullen liggen dan de werkelijke waarden: een belangrijk gedeelte van het landbouwareaal wordt immers als grasland gebruikt.

1.1.4 Kaart met K-factoren

De kaart met K-factoren werd geproduceerd door de K-factoren, geassocieerd met een specifieke textuurklasse (*Tabel 1*), toe te voegen als attribuut aan de digitale bodemkaart van Vlaanderen. Deze kaart werd vervolgens verrasterd met een resolutie van 5 meter. Deze kaart werd niet overgenomen uit vorige edities maar een nieuwere versie werd aangemaakt (versie K3) op basis van de nieuwe bodemkaart_2_0. Deze nieuwe digitale versie van de bodemkaart van België (1:20.000) voor het Vlaamse Gewest bevat een aantal belangrijke aanvullingen en verbeteringen:

- De bodemkaartpolygonen van de militaire domeinen Kamp van Brasschaat, Kamp van Beverlo en vliegveld van Kleine Brogel werden ingevoegd in de bodemkaart. Voordien waren deze gebieden volledig ingekleurd als bebouwd gebied.
- De Bodemkaart van België bestaat uit 2 bodemclassificatiesystemen. Voor de zeepolders werd een aparte classificatie ingevoerd die rekening houdt met geomorfologische en lithostratigrafische criteria terwijl het bodemclassificatiesysteem voor de rest van Vlaanderen morfogenetisch is. Het bestaan van 2 verschillende bodemclassificatiesystemen met verschillende onderverdelingen geeft moeilijkheden bij modellering omdat o.a. voor de zeepolders geen textuurklasse beschikbaar is. Daarom werd een extra veld 'Unibodemtype' bij de bodemkaart ingevoegd. Het geeft voor alle polygonen een bodemtype volgens het morfogenetische bodemclassificatiesysteem met inbegrip van een textuurklasse.
- Daarnaast werden allerlei verbeteringen aangebracht.

1.2 VERWERKING EN UITVOER

Een schema van de gevolgde 'workflow' is weergegeven in Figuur 2. Alle rasterkaarten hebben een resolutie van 5 meter. De berekeningen maken gebruik van SAGA GIS versie 5.0.0. Voor de berekening van de LS-factor werd hiervoor een eigen aangepaste module ontwikkeld. Voor de kaart van 2018 werd versie 1.7.1 van deze module gebruikt.

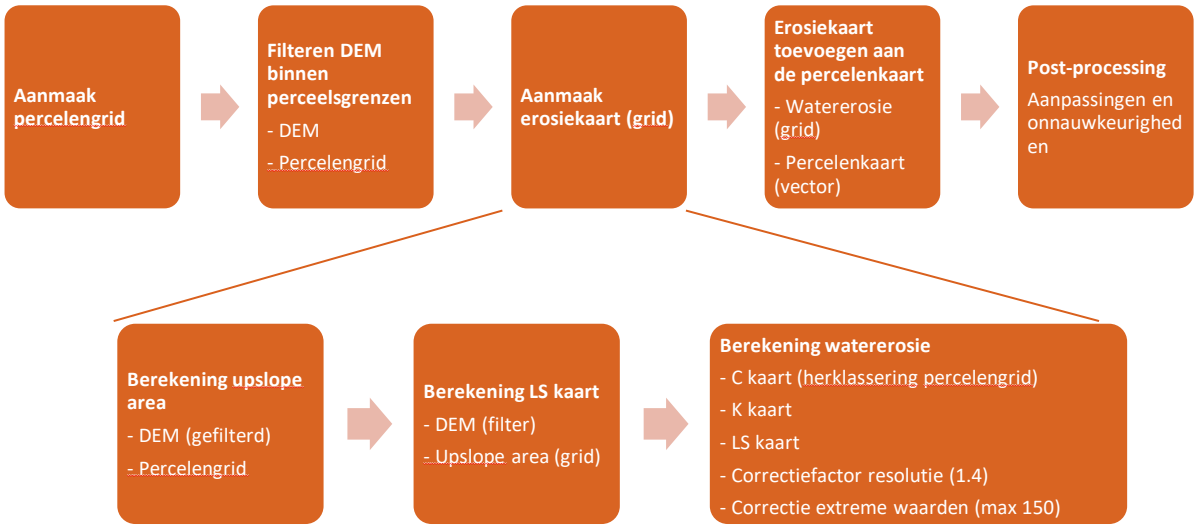
De gebruikte gridresolutie heeft een belangrijke invloed op de frequentiedistributie van topografische variabelen. Gezien de LS-factor ook een topografische variabele is, is ze ook onderhevig aan deze schaaleffecten (Notebaert et al., 2006; Van Rompaey et al., 2001). Voor de berekeningen van deze erosiekaart werd gebruik gemaakt van een DTM van 5 x 5 meter. De oorspronkelijke RUSLE-vergelijking werd echter opgesteld voor standaard plot omstandigheden (plotlengte = 22.1 meter). Men kan daarom veronderstellen dat een gelijkaardige resolutie de beste modelresultaten zal opleveren. Deze resolutie (20 x 20 meter) komt bovendien overeen met de resolutie die werd gebruikt voor de productie van de erosiekaart vóór 2006. Er werd daarom besloten een correctiefactor toe te passen op de berekening van LS. De uiteindelijke LS-berekeningen werden daarom **gedeeld door 1,4** (correctiefactor, berekend door Notebaert et al. (2006)). Deze correctiefactor heeft enkel een invloed op de absolute waardes van de berekeningen en niet op het ruimtelijk patroon.

De berekening van LS leverde bovendien voor een aantal pixels extreme waarden op, die onrealistisch hoge bodemerosiebedragen tot gevolg hadden. Deze extremen zullen groter zijn bij een fijnere resolutie. Daarom werd een bijkomende correctie uitgevoerd op de berekende erosiewaardes door waarden groter dan 150 ton ha^{-1} te herschalen naar **150 ton ha^{-1}**.

Het is belangrijk te vermelden dat bovenvermelde correcties uitgevoerd worden voordat de berekende erosiewaarden worden geaggregeerd per perceel. Op die manier wordt zo goed mogelijk rekening gehouden met het lokale karakter van de berekende extreme waarden.

Ook de andere variabelen (LS, K, …) werden berekend per pixel. Het resultaat van de berekeningen is een potentiële erosiewaarde per pixel voor Vlaanderen. Om te komen tot een gemiddelde waarde per perceel, werd gebruik gemaakt van de module 'Add Grid Values to shapes' in SAGA 6.0.

Figuur 2: schematische weergave van de workflow voor de productie van de erosiekaart 2018



3 RESULTATEN

Figuur 3 toont de afgewerkte bodemerosiekaart Vlaanderen 2018. Bij de interpretatie van deze kaart moet rekening gehouden worden met de assumpties die werden gemaakt tijdens de productie van de kaart:

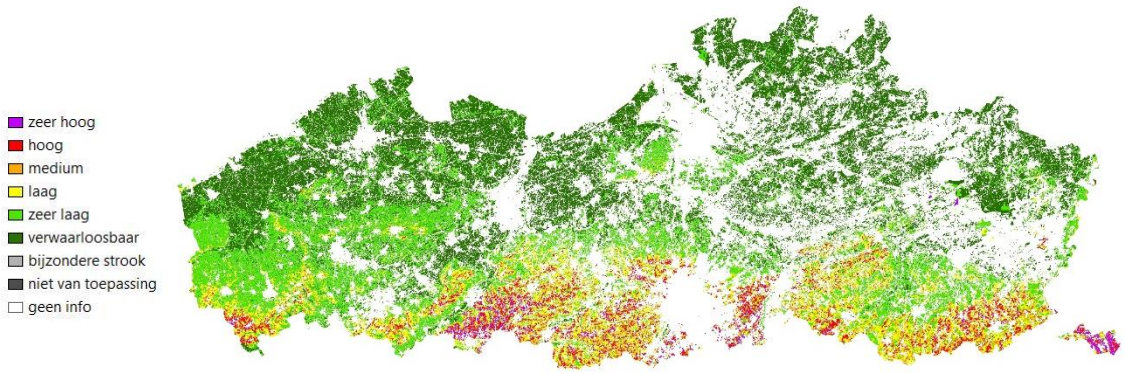
- De volledige oppervlakte cultuurgrond werd gesimuleerd als akkerland (constante C-factor). De berekende erosiewaarde is dus een **potentieel** erosierisico dat sterk kan afwijken van het werkelijke erosierisico. Dit is zeker het geval voor percelen onder weiland met een effectieve C-factor die veel lager is dan de nu gebruikte 0,37.
- Voor de productie van de kaart werd als R-factor het lange termijn gemiddelde (1898-2004) van de jaarlijkse R-factoren gebruikt. Zeker in recentere jaren is de jaarlijkse R-factor vaak hoger dan dit lange termijn gemiddelde.

In Tabel 2 wordt de verdeling in erosieklassen van de berekening met 30% connectiviteit weergegeven.

Tabel 2: Verdeling van de percelen in erosieklassen connectiviteit 30 % per perceel (voor de verwerking van de bezwaren en verlagingen).

Erosieklasse	2018 Aantal percelen	2018 Oppervlakte (ha)	2018 % ha
Zeer hoog	4.458	8.549	1,23
Hoog	20.258	36.234	5,20
Matig	16.835	29.130	4,18
Laag	48.542	71.890	10,32
Zeer laag	164.925	222.396	31,91
Verwaarloosbaar	211.529	305.984	43,91
Bijzondere strook	10.524	3.612	0,52
Niet van toepassing*	41.117	18.958	2,72
Geen info	1.774	95	0,01
TOTAAL	519.962	696.847	100,00

*Niet van toepassing = Stallen en gebouwen, andere gebouwen, serres en loodsen.



Figuur 3: Potentiële bodemerosiekaart per perceel 2018 met perceelsconnectiviteit 30%.

REFERENTIES

Conrad, O., Bechtel, B., Bock, M., Dietrich, H., Fischer, E., Gerlitz, L., Wehberg, J., Wichmann, V., Böhner, J. (2015). System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4, Geosci. Model Dev., 8, 1991-2007, doi:10.5194/gmd-8-1991-2015.

Declercq, F., & Poesen, J. (1991). Erosiekarakteristieken van de bodem in Laag- en Midden-Belgie. Tijdschrift van de Belgische vereniging voor Aardrijkskundige Studies (BEVAS). 1:29-46.

Desmet, P., & Govers, G. (1996). A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. Journal of Soil and Water Conservation 51:427-433.

McCool, D., Brown, L., Foster, G., Mutchler, C., & Meyer, L. (1987). Revised Slope Steepness Factor for the Universal Soil Loss Equation. Transactions of the Asae 30:1387-1396.

McCool, D., Foster, G., Mutchler, C., & Meyer, L. (1989). Revised Slope Length Factor for the Universal Soil Loss Equation. Transactions of the Asae 32:1571-1576.

Notebaert, B., Govers, G., Verstraeten, G., Van Oost, K., Ruysschaert, G., Poesen, J., & Van Rompaey, A. (2006). Verfijnde erosiekaart Vlaanderen: eindrapport. Leuven: K.U. Leuven, Onderzoeksgroep Fysische en Regionale Geografie.

Oorts, K., Buyle, S. & Van de Wauw, J. (2019). Berekening van de potentiële erosiekaart per perceel in SAGA-GIS. Departement Omgeving, Brussel.

Renard, K., Foster, G., Weesies, G., McCool, D., & Yoder, D. (1997). Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). Agriculture Handbook, 703. Washington DC: USDA.

Van Oost, K., Govers, G., & Desmet, P. (2000). Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage. Landscape Ecology 15: 577-589.

Van Rompaey, A., Verstraeten, G., Van Oost, K., Govers, G., & Poesen, J. (2001). Modelling mean annual sediment yield using a distributed approach. Earth Surface Processes and Landfroms 26: 1221-1236.

Verstraeten, G., Poesen, J., Demaree, G., & Salles, C. (2006). Long-term (105 years) variability in rain erosivity as derived from 10-min rainfall depth data for Ukkel (Brussels, Belgium): Implications for assessing soil erosion rates. Journal of Geophysica 111.

Verstraeten, G., Van Oost, K., Van Rompaey, A., Poesen, J., & Govers, G. (2001). Integraal land- en waterbeheer in landelijke gebieden met het oog op het beperken van bodemverlies en modderoverlast (proefproject gemeente Gingelom) - eindrapport. Ministerie van de Vlaamse geemeenschap, afdeling Land.

Verstraeten, G., Van Oost, K., Van Rompaey, A., Poesen, J., & Govers, G. (2002). Evaluating an integrated approach to catchment management to reduce soil loss and sediment pollution through modelling. Soil Use and Management 18:386-394.

Zevenbergen, L. W., & Thorne, C. R. (1987). Quantitative analysis of land surface topography. Earth Surf. Process. Landforms, 10.1002/esp.3290120107, 12: 47-56..